



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria de Materials

PROJET GAIA

Aménagement de la gare de Saint-Dié-des-Vosges en un pôle
multimodal à l'échelle du territoire



Memòria i Annexos

Autor: Óliver Giménez Hidalgo, Eduard Llorens Balada

Director: Antonio Mateo

Convocatòria: Juliol 2018

Table des matières

0. Introduction	4
1. Objectifs du projet	5
2. Gestion de projet	6
2.1 Organisation générale / GANTT	6
3. Passerelle de la Meurthe	7
3.1 Problème	7
3.2 Causes	7
3.3. Conséquences	9
3.4. Méthodes de réparation	9
3.4.1. Renforcement structural	10
3.4.2. Réparation de l'armature et restauration de la passivation	10
3.4.3. Résistance du béton aux agressions chimiques	11
3.5 Analyse des échantillons	11
3.5.1. Essais mécaniques	11
3.5.2. Essai chimique	155
4. Recyclage des matériaux	166
4.1. Expliquer quels bâtiments vont être détruits	166
4.2. Devenir des matériaux de démolition	166
4.3. Types des matériaux	177
5. Skatepark	188
Annexes	20
Bibliographie	244

0. Introduction

Ce projet se concentre sur l'étude des matériaux trouvés dans les environs de la gare de Saint-Dié des Vosges.

Il a été jugé nécessaire de renouveler l'infrastructure autour de la station en raison de son déclin. Des thèmes liés au recyclage des matériaux, à l'optimisation de l'espace et, surtout, à la restauration de structures telle que la passerelle de Meurthe seront discutés.

Une étude sur les matériaux céramiques a été réalisée afin d'estimer les matériaux les plus appropriés avec lesquels les rénovations peuvent être faites dans le but d'optimiser les processus de reconstruction (parking, station de bus).

Dans ce rapport, l'étude de la restauration des bâtiments endommagés sera prépondérante. D'ailleurs, une étude sur la création d'un skatepark a été estimée avec la fin d'attirer le plus grand nombre possible de gens.

1. Objectifs du projet

Le projet de rénovation de la gare de Saint-Dié-des-Vosges s'inscrit dans le développement d'une coopération pluridisciplinaire entre plusieurs écoles :

- École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy (ENSA)
- École Nationale Supérieure d'Arts et Design de Nancy (ENSAD)
- École Nationale Supérieure d'Électricité et de Mécanique (ENSEM)
- École Européenne d'Ingénieurs en Génie des Matériaux (EEIGM)

Ce projet permet de proposer à la ville de Saint-Dié-des-Vosges, une vision nouvelle de l'aménagement du quartier gare de la ville en tirant le meilleur des compétences de chaque école. La dynamique contemporaine oblige donc à faire contribuer plusieurs écoles au vu de l'ampleur du projet et des compétences nécessaires à utiliser.

Ce projet est une opportunité unique pour chaque école de travailler dans un contexte de projet réaliste, avec des attentes importantes et des délais à respecter.

Dans le contexte ingénieur arboré par les étudiants de l'EEIGM, ce projet a permis d'apporter une expertise de terrain sur des échantillons de passerelle ainsi qu'une vision de management de projet.

En effet, chaque école a proposé des directives pour le cheminement du projet et cela a permis de mener le projet à bien, au travers de réunions hebdomadaires.

A termes, le travail d'investigation des étudiants de l'EEIGM a pu se conclure par des essais mécaniques et chimiques sur des échantillons de passerelle et a permis de comprendre les causes de détérioration de l'édifice.

2. Gestion de projet

2.1 Organisation générale / GANTT

Le projet a débuté le vendredi 13 octobre 2017. Ce jour-là, les groupes de projet ont été constitués. Plusieurs étapes du projet sont apparues naturellement. En effet, il a été décidé de commencer une phase de recherche de matériaux de réaménagement, pour la passerelle de la Meurthe. Puis, après avoir réalisé la visite sur site le vendredi 24 novembre 2017, une phase de recherche scientifique des causes de détérioration de la passerelle a été lancée par les étudiants de l'EEIGM. Une phase de relevé sur site et d'analyses de ces échantillons a été entreprise après l'étape de recherche afin d'appuyer et confirmer l'expertise réalisée avant la fermeture de la passerelle au public, en octobre 2015.

Pour la dernière partie du projet, après avril 2018, l'attention a été portée sur la finalisation du projet et des expériences réalisées sur les échantillons. De plus, plusieurs points du projet ont été repensés après la réunion avec la SNCF ayant eu lieu le vendredi 13 avril 2018. Ces points ont été discutés avec l'ensemble des écoles du projet et plusieurs solutions ont été envisagées.

Toute cette démarche est résumée dans le GANTT en Annexes 1.

Il est important de souligner, par la même occasion, le rôle que Mr Paradis a joué dans la bonne poursuite du projet par sa disponibilité sans faille tout au long de l'année. Mr Paradis nous a fourni un soutien hebdomadaire et nous a permis de suivre le rythme imposé par le GANTT. De plus, il nous a permis de contacter des acteurs majeurs de la SNCF, comme la SNCF ou encore la mairie de Saint-Dié-des-Vosges.

3. Passerelle de la Meurthe

3.1 Problème

À l'œil nu, une détérioration avancée du béton peut être constatée et par conséquent une corrosion sévère de l'armure. Cette détérioration amène des problèmes autour de la passerelle, comme la précipitation de morceaux de béton sur les voies.

3.2 Causes

Cette dégradation peut être due à plusieurs phénomènes : le premier est la carbonatation du béton. Le second phénomène est l'alcali-réaction du béton.

Carbonatation

Un béton jeune possède un pH élevé qui s'établit autour de 12 à 13. Cette alcalinité conduit à la formation, à la périphérie des armatures, d'une couche quasiment impénétrable d'hydroxydes de fer isolant l'acier et enrayant le processus de corrosion. On parle alors de passivation de l'acier.

Le dioxyde de carbone se dilue dans l'eau contenue dans la structure poreuse du béton. Cette réaction permet à l'hydroxyde de calcium (portlandite) de se diluer à son tour dans l'eau interstitielle, de réagir avec le CO₂ et de précipiter sous forme de carbonate de calcium, ce qui fait baisser le pH de celle-ci à une valeur proche de 9. Ce processus est illustré dans la Figure 1.

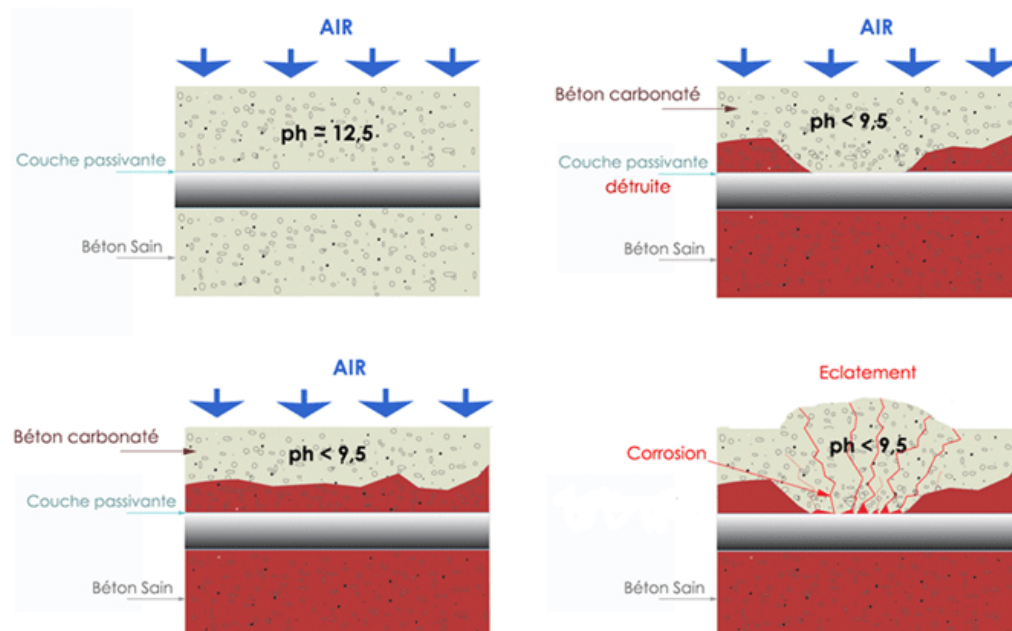
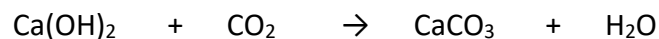


Figure 1 Explication du phénomène de Carbonatation.

Avec le temps, le front de carbonatation, qui constitue la démarcation entre la zone carbonatée du béton et la zone intacte, progresse de plus en plus profondément dans la structure.

Dès que le front de carbonatation atteint les armatures, le pH diminue dans la zone du béton située à la périphérie de l'acier, la couche de passivation se déstabilise, se dissout et son action protectrice disparaît. Si la structure renferme de l'eau et de l'oxygène, les armatures commenceront à rouiller. Les produits de corrosion formés vont occuper un volume plusieurs fois supérieur à celui de l'acier, ce qui conduira à une fissuration et à un effritement du béton. Ce phénomène est illustré à travers le Tableau 1.

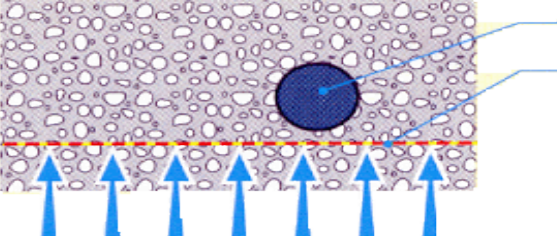
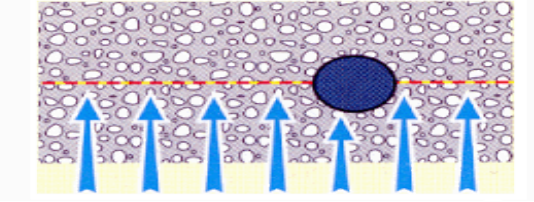
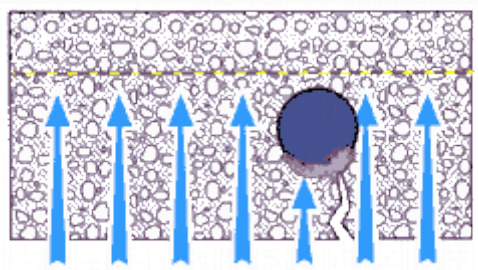
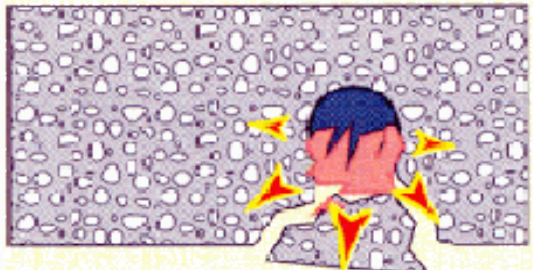
 <p>Environnement humide et agressif</p>	 <p>La carbonatation avance dans le sens de l'acier qui deviendra bientôt passif.</p>
 <p>La corrosion commence en présence d'humidité. La première fissuration se produit.</p>	 <p>Phase finale d'oxydation importante de l'acier avec formation de sels expansifs. Fragmentation et tâches de rouille</p>

Tableau 1 Étapes et conséquences de la carbonatation.

Le béton qui peut présenter le plus de résistance aux conditions ambiantes est le béton XC2.

Alcali-réaction

Cette réaction a lieu entre les ions hydroxyles (OH^-) environnants et les ions alcalins (Na^+, K^+) présents dans la solution interstitielle du béton. Cette réaction entraîne un craquellement du béton et la destruction de la couche protectrice des armatures en acier. Des conditions défavorables de la surface produisent une profonde et accélérée pénétration de la corrosion dans l'armature.

Le composant de ciment qui réagit avec les ions chlorure est l'aluminate tricalcique (C_3A). C'est la formation de chlorure d'aluminate de calcium qui provoque la diminution du pH et qui, de ce fait, provoque la corrosion.

Effets sur l'acier

La réduction de la section transversale de l'armature de renfort est l'effet le plus immédiat de la corrosion.

L'effet sur l'acier dépend de l'origine de la dégradation du béton : soit par carbonatation, soit par réaction alcaline.

Par carbonatation du béton, la résistance est proportionnelle à la perte de section si celle-ci est homogène. A contrario, par réaction alcaline, la corrosion a lieu sous forme de germes donc il y aura beaucoup plus de sources susceptibles de diminuer la résistance et les propriétés mécaniques de l'acier, la corrosion aura un aspect hétérogène donc plus difficile à traiter.

3.3. Conséquences

Le fait que le métal de l'armature ait été exposé à l'air ambiant a provoqué une corrosion à la surface du métal diminuant ainsi ses propriétés mécaniques comme, par exemple : résistance mécanique, rigidité, ... tout comme le décrochement du béton qui se trouve autour du métal affecté.

Une étude a été réalisée sur l'état structurel de la passerelle par une société extérieure à la mairie. En raison du risque que cela représente pour les utilisateurs, il a été décidé de fermer l'accès aux piétons, deux ans auparavant.

3.4. Méthodes de réparation

La réparation des armatures est un objectif prioritaire après la dégradation du béton. Il faut porter une attention particulière à la réparation de l'acier qui présente de la corrosion, et aussi à la protection de ces armatures pour prévenir les futures corrosions qui peuvent apparaître après la réparation. Il existe des normes européennes qui contrôlent la qualité et la manière dont sont mis en œuvre les produits destinés aux travaux de réparation du béton. La série de Normes Européennes EN 1504 est référencée en Annexe 2.

Tous les produits utilisés doivent être marqués avec le sigle CE depuis l'année 2008, qui contient aussi de nombreuses informations sur le contenu, les caractéristiques et la description du produit.

Les principes et méthodes de réparation sont bien définis dans la norme EN 1504-9, et doivent être choisis après l'identification des causes de détérioration et l'état de santé de la structure. Il faut bien faire la distinction entre les méthodes relatives aux défauts dans le béton, et celles relatives à la corrosion de l'armature. Les procédés suivants ont été estimés opportuns.

3.4.1. Renforcement structural

Injection dans les fissures, vides et interstices

Si la capacité portante des structures est affectée par la présence de fissures, il faut les nettoyer et les préparer pour la réparation. Il est nécessaire de choisir le produit d'injection et la méthode d'injection selon la norme NF EN1504-5 qui est dans les Annexes 2.



Après une étude des conditions à propos de la taille des ouvertures, de la géométrie, de l'activité ou non des fissures (dites actives ou mortes), des conditions ambiantes, etc... un produit d'injection structural peut être choisi. Des exemples de produits sont la résine époxydique bi-composant de faible viscosité et le micro ciment bi-composant. Un exemple de renforcement du béton par injection est représenté sur la Figure 2.

Figure 2 Illustration d'une injection de résine dans un béton endommagé.

Colmatage des fissures, des vides ou des interstices

S'il s'agit de fissures suffisamment larges, elles peuvent être remplies par simple action de la gravité ou en utilisant des mortiers (par projection ou à la main) de réparation époxy, qui vont rendre à l'armature une bonne protection. Sur le marché, il est possible de trouver des produits thixotropes de résistances élevées, applicables à la verticale et en sous face. Ceux-ci seraient très avantageux dans le cas présent puisque la couche de protection à réaliser se situe sur les piliers de la passerelle.

3.4.2. Réparation de l'armature et restauration de la passivation

Dans des conditions normales, l'armature est protégée grâce à l'alcalinité de béton. Cette alcalinité crée un film passivant qui protège l'acier de la corrosion.

Le front de carbonatation peut atteindre l'armature, ce qui fait que la surface de l'acier devient déprotégée contre la corrosion. Ce phénomène est observé sur tous les piliers de la passerelle de la Meurthe. Une illustration de ce phénomène est visible sur la Figure 3.

En présence de rouille, cette dernière doit être retirée et l'acier peut même être entièrement remplacé. La rouille peut, dans certains cas, être retirée par brossage ou par sablage. De plus, l'acier doit être préparé afin d'adhérer au mortier.

À propos de la ré-alcalinisation (restauration de la passivité) de l'acier, il existe de nombreux traitements possibles. Un exemple est le traitement électrochimique. Celui-ci consiste à appliquer un courant électrique entre l'armature et un système externe composé d'un treillis-anode intégré dans un réservoir électrolytique placé temporairement en surface de béton.

3.4.3. Résistance du béton aux agressions chimiques

Il est indispensable que la structure ait une résistance chimique en surface contre de nombreux agents, comme la concentration de produits chimiques, les températures, la durée d'exposition, etc. Il faut donc évaluer les risques environnants pour choisir un principe de protection adapté à chaque structure.

Il existe différents types de revêtements qui fournissent cette protection, composés de résines époxydiques ou à base de silicates. Ces revêtements peuvent réduire la porosité, renforcer la surface, et améliorer la résistance aux attaques.



Figure 3 Photographie du phénomène de carbonatation sur un des piliers de la passerelle de la Meurthe.

3.5 Analyse des échantillons

Au cours du déplacement réalisé à Saint-Dié-des-Vosges, notre équipe a pu récupérer des échantillons de béton en différents points de la passerelle. Il a également été possible de récupérer un échantillon d'acier rouillé.

L'intention de cette démarche a été d'analyser les échantillons pour avoir une idée plus précise des causes de la dégradation de la passerelle et de confirmer les hypothèses faites antérieurement par rapport à la carbonatation. L'échantillon analysé est visible dans la Figure 4.

3.5.1. Essais mécaniques

Une des idées de l'équipe a été de constater la résistance mécanique du béton, qui aurait été appauvrie à cause de sa dégradation sévère. Ces altérations des propriétés mécaniques ont compromis la stabilité structurale de la passerelle et il est nécessaire qu'elles soient bien constatées.

La méthode de prélèvement des échantillons suivie a été une extraction à la main, à l'aide de marteaux et burins, qui nous a permis d'avoir différentes tailles et formes d'échantillons sans aucune cohérence entre eux.

Toutefois, nous avons l'intention de les tester à travers un essai de compression dans les installations de l'école. Les principaux problèmes rencontrés ont été le manque de cohérence par rapport à la section transversale le long de l'éprouvette, qui empêche d'obtenir de valeurs de contraintes réelles lors de l'essai de compression. Le non parallélisme des faces supérieure et inférieure a été un autre problème rencontré pendant cet essai. Cela fait que l'échantillon a rompu de manière illogique car des zones de concentration de contraintes étaient présentes.

Devant l'impossibilité de connaître l'aire transversale, nous avons essayé de polir les faces supérieures et inférieures avec l'intention d'avoir des surfaces qui auraient permis de faire l'essai de compression. De la même façon, le parallélisme des faces latérales nous auraient permis de connaître la section approximative et la contrainte subie par l'échantillon.

Test de compression

Ce test est caractérisé par la contrainte exercée par deux plaques aux extrémités de l'échantillon. Avec une vitesse fixe et égale à 1mm / min, une force constante sera appliquée jusqu'à rupture de la pièce, c'est donc un test destructif. Le résultat du test de compression est visible sur la Figure 4.

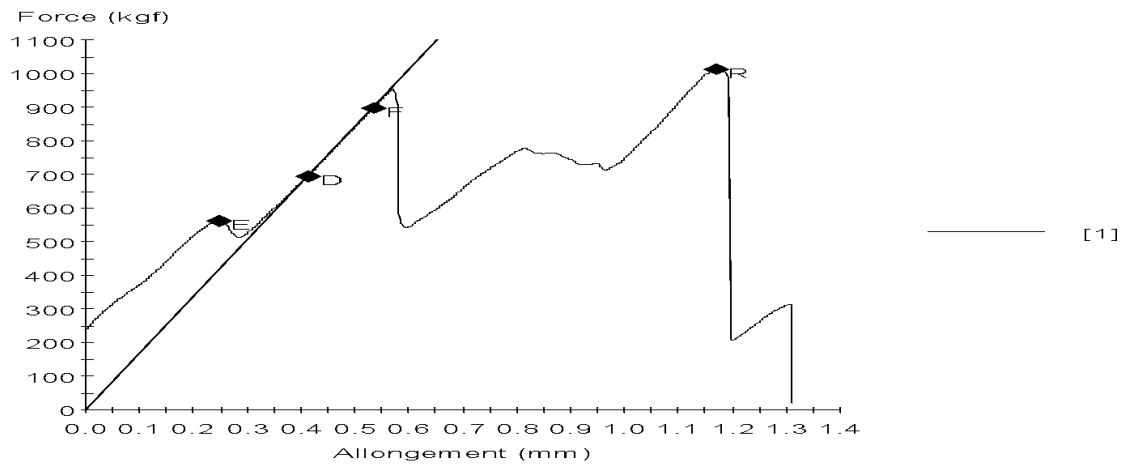
Résultats obtenus

Après avoir traité différents échantillons de béton armé extraits de la gare de Saint-dié, un des échantillons a été traité via une étude mécanique au moyen de l'essai de compression stationnaire. Il a été possible d'obtenir une éprouvette avec des surfaces suffisamment parallèles et planes pour pouvoir effectuer l'essai. Cependant l'évolution de la courbe de traction n'étant pas linéaire au début de l'essai, il est impossible de comparer notre échantillon à une éprouvette normalisée.

Dans le Graphique 1, obtenu à partir du test de compression, il est possible de voir une première ligne qui va du point (240.0) au point E, qui ne sera pas pris en compte en raison de l'écaillage initial dû à la rugosité et à l'absence d'uniformité dans l'éprouvette. Un prolongement de la ligne passant par les points D et F a été tracé afin d'analyser le module de Young qui est égal à la pente de cette droite et égal à 3347335 MPA.

La section entre le point F et le point R devrait être continue dans le cas où nous avons une éprouvette normée. Un chemin incohérent a été obtenu, il a été causé par le détachement de la matière de l'échantillon. Au point R, vous pouvez voir la force de compression maximale qui peut résister à l'éprouvette et qui est égale à 9947686 N. Avec une contrainte maximale de 39,8 MPa.

Après le point R, une nette diminution des propriétés mécaniques peut être discernée en raison de la rupture de la pièce.



Graphique 1 Force vs Allongement essai de compression de l'échantillon de béton.

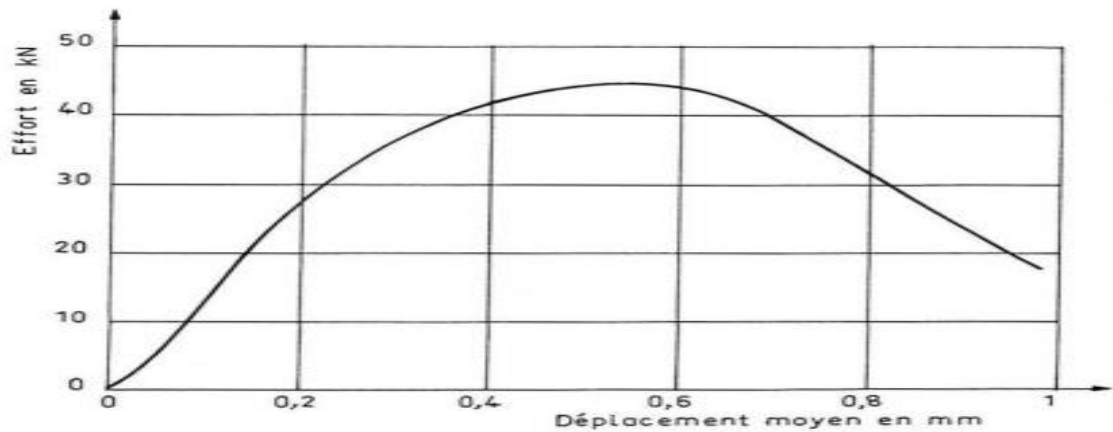
Les résultats obtenus après les processus de polissage n'ont pas été suffisants pour avoir des valeurs concluantes sur la résistance du béton enlevé de la passerelle.

Dans le Tableau 2, les différentes mesures montrent des propriétés mécaniques mentionnées ci-dessus, pour un allongement total de 1,3 mm. Dans le tableau mentionné, certaines mesures de l'échantillon qui ne correspondent pas à l'échantillon étudié sont visualisées et c'est la raison principale pour laquelle ce test ne peut pas être accepté comme une approximation des propriétés de ce matériau.

Résultats de l'éprouvette :

Nom	Valeur	Unité
Epaisseur	25000	mm
Largeur	10000	mm
Force maximale	9947686	N
Contrainte maximale	39.8	MPa
Module	3347335	MPa

Tableau 2 Résultats de l'essai de compression.



Graphique 2 Essai de compression du béton standardisé.

Cependant, sur le Graphique 2, il est possible de voir le test d'un béton sans défaut, c'est-à-dire sans avoir auparavant expérimenté le phénomène de carbonatation, sous la forme d'une éprouvette normée. Les différences entre le graphique obtenu à partir du test de compression et celui du Graphique 2 sont remarquables. Au cours d'un test idéal, la continuité de la trace est visible. La tension maximale à laquelle résiste la pièce standard est beaucoup plus grande que celle que la pièce testée dans le laboratoire supporte, environ 4 fois plus résistante.

La chute des propriétés mécaniques de la pièce est continue sur le Graphique 2 tandis que dans le Graphique 1, la chute est beaucoup plus brutale à cause de la rupture de la pièce.



Figure 4 Echantillon de béton après l'essai.

Cet essai n'est donc pas un essai valide pour tester les propriétés mécaniques de l'échantillon et donc du béton, toutefois il fournit une approximation au plus bas de ses propriétés mécaniques.

3.5.2. Essai chimique

Pour tirer des informations sur les conditions chimiques des échantillons de béton obtenus, nous avons réduit en poussière une partie de l'échantillon pour en connaître le pH. Une solution d'eau a été préparé pour réaliser une analyse au papier pH.

Il faut remarquer que le niveau de précision atteint n'est pas optimal par cette méthode, mais les moyens disponibles à l'école n'ont pas permis une meilleure précision.

D'après l'expérience réalisée, il a été possible de situer le pH du béton entre 9 et 10. Cependant, il n'a été pas possible de savoir jusqu'à quel point l'eau a influencé le pH du béton dans notre mélange.

Ceci confirme ainsi notre hypothèse de départ par rapport à la carbonatation. Il est donc judicieux d'affirmer que le pH du béton de la passerelle est inférieur à 9,5. Ainsi cette expérience a confirmé que la passerelle a perdu sa solidité suite à la carbonatation de son béton et qu'il est nécessaire de la réparer voire de la remplacer. Dans la Figure 5, il est possible de voir trois morceaux de pH après un séjour de 5 minutes chacun dans plusieurs solutions. Le premier papier pH, en orange, correspond à un essai dans du Coca-Cola[®], le pH obtenu est de 3. Le deuxième échantillon, au milieu en jaune, correspond au pH de l'eau de l'EEIGM. Finalement, le dernier, en vert, correspond au pH de la solution broyée de béton prélevé sur la Passerelle de la Meurthe. Son pH est alors de 9.

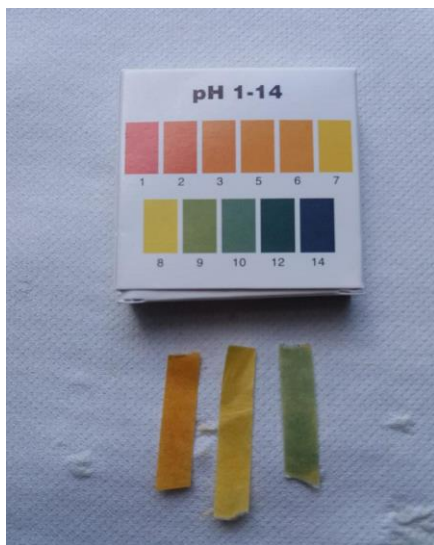


Figure 5 Morceaux de papier pH.

4. Recyclage des matériaux

4.1. Avenir des bâtiments anciennement dédiés au fret

De nombreux bâtiments sont dans un état avancé de dégradation. Plusieurs d'entre eux sont sujets à destruction. Les bâtiments situés devant les friches ferroviaires ont déjà prévu d'être détruits par l'EPFL (Etablissement Public Foncier de Lorraine). Cette décision s'inscrit parfaitement dans la vision du projet puisqu'une nouvelle organisation de ces bâtiments a été décidée par l'ensemble du groupe de projet. De plus, les matériaux récupérés après destruction seront utiles pour d'autres reconstructions.

4.2. Devenir des matériaux de démolition

Les matériaux de démolition, principalement composés de ciment et béton, vont permettre de réparer le parking pour voiture, ce dernier étant en très mauvais état. Ceci permettra d'apporter une dimension environnementale, non négligeable à cette époque. En effet, cette réutilisation évitera d'utiliser une quantité de ciment supplémentaire à la réparation du parking.

Si cette hypothèse n'est pas réalisable, une autre possibilité d'utilisation serait de contribuer à la restauration du parvis de la gare.

Le travail à effectuer consiste en la démolition de 3 bâtiments adjacents entre eux et aussi avec les bâtiments qui font partie de la gare.



Figure 6 Illustration des bâtiments à détruire.

4.3. Types des matériaux

Le Tableau 3, en annexe 3, présente une classification des déchets selon s'ils sont inertes, banals(DIB) ou dangereux(DIS ou DID). Une possible destination pour les déchets est présentée, par la suite.

Les déchets inertes peuvent être dirigés vers plusieurs types d'infrastructures :

- Plateforme de valorisation des déchets inertes.
- Centre de regroupement et de tri, transit.
- Déchèterie pro (sous certaines conditions).
- Installation de stockage des déchets inertes (ISDI ou CSDU classe III).

Les déchets banals (DIB), quant à eux, peuvent être dirigés vers :

- Filières industrielles de recyclage (plastique, bois, métaux...).
- Filières de valorisation énergétique : centrales, cimenteries.
- Centre de regroupement et de tri, transit.
- Déchèterie professionnelle.
- Installation de stockage des déchets banals (ISDND ou CSDU classe II).

Enfin, les déchets dangereux (DIS ou DID) peuvent être dirigés vers :

- Filières de valorisation énergétique.
- Centre de regroupement et de tri, transit.
- Déchèterie professionnelle.
- Installation de stockage des déchets dangereux (ISDID ou CSDU classe I).

En Annexe 4 sont présentées plusieurs adresses et contacts utiles pour le recyclage dans le cas où la mairie de Saint-Dié soit intéressée par le recyclage des déchets des bâtiments.

5. Skatepark

Dans le but d'attirer du monde dans le quartier de la gare, la ville de Saint-Dié a envisagé la création d'un Skatepark.

Pour ce faire, trois paramètres sont à prendre en compte : les disciplines des pratiquants (skateboard, roller, BMX, trottinette, VTT), le niveau des pratiquants (débutant, confirmé), la fonctionnalité ainsi que l'équipement (point, d'eau, éclairage, buvette, zones d'ombre, aménagement paysagé).

Une fois ces points clés déterminés (le type de skatepark, les types de pratiques, les niveaux des pratiquants, les futurs usages du lieu) le budget va déterminer l'importance du projet. Un petit budget ne veut pas dire que le skatepark sera nécessairement petit ou de qualité inférieure.

Pour cela, plusieurs intervalles de budget sont envisageables :

Entre 45 000€ HT et 80 000€ HT

Budget intermédiaire, qui permet de réaliser des skateparks plus complets, avec une aire de « street » (entre 200m² et 600m², dalle comprise) ou un ensemble de rampes ou un petit « bowl ». Dans l'Annexe 5 l'on voit un exemple de « bowl » existant. Ce type de skatepark est utilisée plutôt par des gens qui ont un niveau intermédiaire/avancée.

Dans l'Annexe 6 on trouve une installation adéquate pour différents niveaux de jeu, avec une aire « street » extense.

Entre 80 000€ HT et 150 000€ HT

Ce budget est convenable, il permet de réaliser un skatepark typé et adapté avec une aire de « street » (entre 600m² et 1000m², dalle comprise) avec « bowl » de taille moyenne. Des exemples d'installations similaires existantes en France sont présentes dans les Annexes 7 et 8.

Entre 150 000 et 300 000€

Ce budget permet de réaliser un skatepark polyvalent avec une aire de « street » (plus de 1200m²) complétée d'une rampe et d'un « bowl ».

La Figure 9 a été choisie car elle représente bien l'objectif de cette section du projet.

Dans ce document, Il est possible de voir le nombre de personnes qui peuvent être en même temps dans ce skatepark et aussi une bonne représentation de l'objectif à conseiller.

En elle on peut distinguer toutes les parties que doit comporter un grand skatepark ainsi que ses zones extérieures, avec des arbres et des zones de pique-nique.

Ce serait un candidat idéal à présenter en tant que proposition dans le projet si son prix n'était pas si élevé.

1ère option Skatepark de Capestang, approximativement 100.000 €.

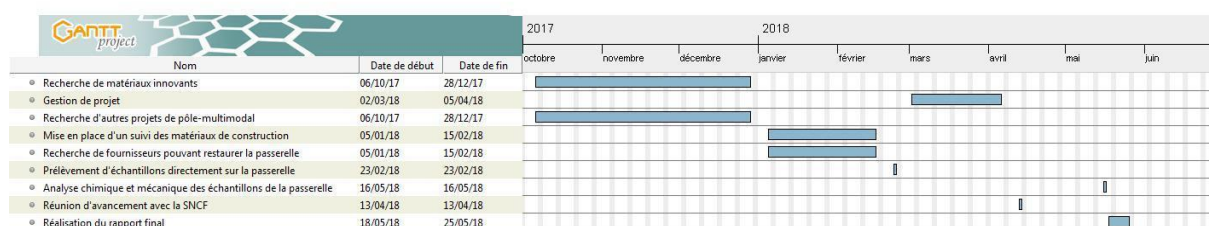
2ème option Skatepark de Capestang, approximativement 70.000 €.

Le choix du skatepark doit ainsi tenir compte du budget octroyé à cette partie du projet ainsi que des conditions météorologiques de Saint-Dié-des-Vosges. Les conditions météorologiques de la région

étant souvent pluvieuses, il est préférable de favoriser un skatepark en bois/composites, matériaux résistants parfaitement aux intempéries mais devant être remplacés régulièrement (tous les 5 ans en moyenne). Il est aussi possible de réaliser un skatepark en métal qui, recouvert d'un revêtement spécial, résiste très bien aux conditions climatiques de Saint-Dié. Cependant, le coût d'un tel skatepark est assez élevé et les nuisances sonores sont plus importantes que pour un skatepark en bois.

Annexes

Annexe 1 : GANTT. Ce dernier a permis de structurer le travail des étudiants de l'EEIGM.



Annexe 2 : Tableau 2 Normes Européennes EN 1504. Ces normes permettent d'assurer une réparation du béton de façon sécurisée et efficace.

EN 1504 – 1 Définitions
EN 1504 – 2 Systèmes de protection de surface pour béton
EN 1504 – 3 Réparation structurale et réparation non structurale
EN 1504 – 4 Collage structural
EN 1504 – 5 Produits et systèmes d'injection de béton
EN 1504 – 6 Scellement d'armatures
EN 1504 – 7 Protection contre la corrosion des armatures
EN 1504 – 8 Maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité
EN 1504 – 9 Principes généraux d'utilisation des produits et systèmes
EN 1504 – 10 Application sur site des produits et systèmes et contrôle de la qualité des travaux

Annexe 3: Tableau 3 Types de matériaux correspondants aux déchets.

INERTES	BANALS (DIB)	DANGEREUX (DIS ou DID)
<ul style="list-style-type: none"> - Béton - Béton armé - Tuiles - Terres - Gravats - Carrelage - Briques - Enduit - Sable 	<ul style="list-style-type: none"> - Bois - Plastocs - Papier/carton - Métaux ferreux et non ferreux - Tapisseries - Moquettes - Végétaux - Vitrages - Fils et câbles électriques - Isolants - PVC - Pneus 	<ul style="list-style-type: none"> - Peintures - Mastics - Vernis - Aérosols - Amiante - Emballages Souillés - Goudron - Solvants - Huiles - Colles

Annexe 4 : Outils, adresses et contacts utiles.

- Base de données sur les déchets SINOE (ADEME) : <http://www.sinoe.org>
- Localisation des infrastructures recevant les déchets (FFB) : <http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/>
- Déchets de chantiers. Questions – réponses : <http://arce.midipyr.free.fr/environ2.htm>
- Guide des déchets industriels : <http://www.apcede.com/guide/inerte/inerte.html>
- Schéma d'Organisation et de Suivi de l'Evacuation des Déchets (SOSED) : http://www.ile-defrance.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/plan77ax8_cle0b825d.pdf
- Bordereau d'évacuation des déchets : <http://www.secadis.fr/resources/BSD.pdf>
- Liste et classification des déchets : <http://www.apcede.com/guide/reglementaire/ln1.html>
- Liste des principaux textes liés aux déchets : <http://www.ecologie.gouv.fr/Principaux-textes-legislatifset.html>
- <https://www.boutique.afnor.org/recherche/resultats/mot/1504>

Annexe 5 : Image du bowl de Toreilles.



Annexe 6 : Image du skatepark de Prades.



Annexe 7 : Image du skatepark de Capestang.



Annexe 8 : Image du skatepark D'Aurec sur Loire.



Annexe 9 : Image du skatepark de Chamonix.



Bibliographie

- [1] STRRES, Syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structure. [en ligne]. Disponible sur : http://www.strres.org/presentation_des_guides_strres-224fr.php [consulté le 9 février 2018]
- [2] WEBER. Réparer les bétons dégradés [en ligne]. Disponible sur : <https://www.fr.weber/gros-oeuvre-et-travaux-publics/reparder-les-betons-degrades> [consulté le 19 janvier 2018]
- [3] PAREDES, Josué et PRIETO, Juan, Corrosión del acero en elementos de hormigón armado : vugas y columnas. Thèse. Sciences de la Terre. Guyaquil (Equateur) : ESPOL. Disponible sur : <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24384/1/Paper%20Paredes-Prieto.pdf>
- [4] Skatepark Service Conseil, Septembre 2015. Guide pratique de création d'un skatepark [en ligne]. Disponible sur : <http://skatepark-service.com/aides-pratiques-outils/>
- [5] SIKA France S.A, Février 2009, Réparation et protection du béton armé avec Sika® conformément à la Norme Européenne EN 1504 [en ligne]. Disponible sur : <https://fra.sika.com/fr/solutions-produits/documents/documents-marketing/brochures-construction/reparation.html>
- [6] NOBATEK, Juillet 2014, Guide pour la gestion des déchets de chantiers [en ligne]. Disponible sur : http://www.nobatek.com/downloads/Etudes%20publiques/Guide%20pour%20la%20gestion%20des%20d%C3%A9chets%20de%20chantiers%20_NOBATEK_.pdf